UNIVERSITÀ DI PISA

PROGETTAZIONE DI SISTEMI MICROELETTRONICI

LUCA FANUCCI

Anno accademico	2020/21
CdS	INGEGNERIA ELETTRONICA
Codice	315II
CFU	12

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
MICROELETTRONICA ANALOGICA	ING-INF/01	LEZIONI	60	PAOLO BRUSCHI
MICROELETTRONICA DIGITALE	ING-INF/01	LEZIONI	60	LUCA FANUCCI

Obiettivi di apprendimento

Conoscenze
Lo studente che completa il corso con successo sarà in grado di dimostrare una solida conoscenza degli aspetti principali della progettazione di circuiti integrati analogici e digitali, con enfasi particolare sui flussi di progetto full-custom e semi-custom basati su strumenti CAD che costituiscono lo stato dell'arte nel settore. Egli o ella acquisirà la capacità di analizzare e progettare i più diffusi blocchi analogici elementari seguendo il flusso di progetto full-custom, avendo l'occasione di mettere in pratica le metodologie imparate mediante un ambiente di progettazione basato su CAD didattico gratuito. Lo studente impererà a comprendere i principali parametri che influenzano le prestazioni in continua dei circuiti analogici.
Lo studente acquisirà inoltre la padronanza dei principali trade-off che caratterizzano il progetto di circuiti digitali, sfruttando strumenti CAD che rappresentano lo stato dell'arte dedicati alla sintesi automatica e alla verifica automatica di complessi sistemi digitali. Egli o ella apprenderà l'abilità di analizzare e progettare i principali blocchi che costituiscono i sistemi per l'analisi digitale dei segnali (DSP-Digital Signal Processing), tenendo conto delle principali metriche prestazionali (area occupata, velocità, consumo di potenza e affidabilità).

Modalità di verifica delle conoscenze
La verifica delle conoscenze acquisite verterà sulla capacità da parte dello studente di discutere criticamente i principali contenuti del corso e nella capacità di mettere a frutto le competenze relative risolvendo semplici compiti progettuali.

Capacità
Lo studente sarà in grado di analizzare e progettare semplici blocchi elementari analogici (quali specchi di corrente e amplificatori differenziali), a partire da specifiche di piccolo e grande segnale in continua.
Lo studente sarà in grado di svolgere le fasi principali del flusso di progetto analogico: disegno dello schema elettrico, simulazione elettrica, disegno del layout ed esecuzione delle verifiche necessarie. Per queste operazioni lo studente imparerà ad utilizzare semplici strumenti disponibili gratuitamente (LTSpice, Glade layout editor).
Lo studente sarà in grado di effettuare un'analisi comparativa fra le varie tecniche di realizzazione di circuiti integrati (GPP, DSP, FPGA, ASIC semi-custom and full-custom) tenendo conto delle principali metriche prestazionali (area occupata, velocità, consumo di potenza e affidabilità).
Lo studente sarà in grado di svolgere le fasi principali per la progettazione di un circuito integrato digitale su tecnologia semi-custom basandosi sul linguaggio di descrizione dell'hardware ad alto livello (VHLD) e programmi di sintesi logica automatica. In particolare sarà in grado di svolgere tutte le fasi progettuali per la realizzazione di progetto digitale su tecnologia FPGA Xilinx (basandosi sul tool di simulazione ModelSim ed il tool di sintesi e programmazione Xilinx VIVADO) e la relativa implementazione e collaudo sulla scheda prototipale Zybo.

Modalità di verifica delle capacità
Durante le lezioni di laboratorio analogico, lo studente sarà messo alla prova con semplici compiti di progetto elettrico e simulazione di blocchi elementari analogici.
Opzionalmente, lo studente avrà l'occasione di completare il flusso di progetto di semplici blocchi funzionali fino lla fase di layout e verifica cimentandosi nell'esecuzione di un progetto assegnato dal docente a gruppi di 1-5 persone.
Durante le lezioni di laboratorio digitale, lo studente sarà messo alla prova con la progettazione di un sintetizzatore di frequenza digitale diretto: dalle specifiche di progetto, alla sua descrizione e verifica con il linguaggio di descrizione dell'hardware VHDL, fino alla progettazione su piattaforma FPGA Zync e all'implementazione e collaudo sulla scheda prototipale Zybo.
Opzionalmente, lo studente avrà l'occasione di completare il flusso di progetto di semplici sistemi digitali (dalla specifica alla sintesi su piattaforma FPGA) cimentandosi nell'esecuzione di un progetto assegnato dal docente a gruppi di 1-3 persone.

Comportamenti
Lo studente imparerà a considerare un dato circuito analogico sulla base della sua possibilità di essere integrato su silicio.

Lo studente imparerà come scegliere le performance di piccolo e grande segnale (in continua) che risultano più importanti nel determinare l'inserimento efficace di blocchi elementari in architetture più complesse.
Lo studente imparerà ad esplorare lo spazio di progetto per la progettazione di sistemi microelettronici digitali tenendo conto delle principali metriche prestazionali (area occupata, velocità, consumo di potenza e affidabilità).

Modalità di verifica dei comportamenti

Lo studente verrà periodicamente interrogato durante le lezioni allo scopo di capire come si rapporta di fronte a semplici problemi che riguardano l'uso dei blocchi analogici e digitali elementari che vengono di volta in volta introdotti dai docenti.
Per gli studenti che scelgono di svolgere i progetti opzionali, è prevista una fase di discussione dei risultati nella quale il docente valuta l'effettivo grado di confidenza assunto dagli studenti nei confronti delle tecniche progettuali.

Prerequisiti (conoscenze iniziali)

Lo studente dovrà avere una buona conoscenza dei seguenti argomenti:
1) modelli dei dispositivi elettronici più diffusi (MOSFET e transistori bipolari)
2) tecnologie di fabbricazione dei circuiti integrati
3) tecniche di analisi dei circuiti elettronici per piccoli e grandi segnali (in continua).
4) conoscenze di porte logiche in CMOS (combinatorie e sequenziali)
5) Architettura di massima di un calcolatore

Indicazioni metodologiche

Attività di apprendimento:

- Seguire le lezioni
- Seguire le attività sperimentali
- Eseguire i progetti opzionali come lavoro di gruppo.

Frequenza: fortemente consigliata ma non obbligatoria
Metodi di insegnamento:

- Erogazione di lezioni ed esercitazioni sperimentali
- Attività di tutoraggio per le esecuzione dei progetti opzionali.

Erogazione: didattica frontale emergenza COVID-19 permettendo altrimenti a distanza su piattaforma Teams

Programma (contenuti dell'insegnamento)

Il corso è diviso in due moduli di 6 CFU ciascuno, tenuti da due docenti diversi.
Il primo modulo riguarda le basi del progetto di circuiti integrati secondo il flusso "full-custom" e lo studio dei blocchi analogici elementari usati più di frequente per la sintesi di sistemi analogici complessi. In particolare, le fasi principali del flusso di progetto full-custom (flusso analogico) verranno esposti agli studenti in modo dettagliato ed esemplificati mediante strumenti CAD didattici. I fenomeni tipici delle soluzioni integrate, quali gli errori di processo locali e globali verranno classificati fornendo una loro accurata rappresentazione mediante un originale approccio analitico. Inoltre, verranno descritti i principali blocchi analogici elementari, quali specchi di corrente e amplificatori differenziali, confrontando varie topologie sulla base di prestazioni di grande e piccolo segnale in continua. Infine, verranno introdotti riferimenti di tensione basati sul principio del band-gap.
Il secondo modulo riguarda la progettazione di circuiti digitali, includendo: l'esplorazione dello spazio di progetto secondo metriche prestazionali. Metodologie di progetto per circuiti digitali full-custom e semi-custom e FPGA basate su strumenti EDA (Electrical Design Automation) allineati allo stato dell'arte. Famiglie logiche CMOS statiche e dinamiche; architetture per latch e flip-flop, ALU e MAC (Multiply and Accumulate), strategie per la distribuzione del clock e delle alimentazioni; problematiche di "signal integrity" e progetto di strutture di I/O. Tecniche pr la riduzione della potenza assorbita a diversi gradi di astrazione.

Bibliografia e materiale didattico

Il materiale didattico per il modulo analogico è integralmente fornito dal docente e distribuito gratuitamente attraverso il sito web del docente stesso, al link: http://docenti.ing.unipi.it/~a008309/mat_stud/PSM/ . Il link dà accesso ad una serie di directory denominate secondo l'anno in cui è stato tenuto il corso. Per esempio, la cartella "2019" contiene il materiale coerente con gli argomenti svolti nel 2019. Ogni cartella contiene un file "indice.pdf" che descrive i vari documenti, distinti in obbligatori ed opzionali. Il materiale, completamente in Inglese, copre tutto il contenuto del corso.
Il materiale didattico per il modulo digitale è disponibile in lingua inglese sul canale Teams del corso e sul sito del docente. I libri consigliati per approfondimenti sono:
J. M. Rabaey, "Digital Integrated Circuits - A Design Perspective", Prentice Hall
K.C. Chang, "Digital Systems Design with VHDL and Synthesis", IEEE Computer Society

Indicazioni per non frequentanti

Il programma è lo stesso per studenti frequentanti e non frequentanti. Gli studenti non frequentanti possono trovare materiale gratuito

che copre tutto il programma del corso nella pagina web indicata dai docenti.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una singola prova orale ed è unico per i due moduli. Gli studenti sono interrogati su argomenti appartenenti sia al modulo analogico, sia a quello digitale.

Ultimo aggiornamento 22/11/2021 20:27